

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Porovnání koeficientu obrobitelnosti určeného k výpočtu časové
normy

Machinability Coefficient Comparison Regarding Materials
Schedule for Time Standard Calculations

Student:

Jiří Zůbek

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Zůbek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Porovnání koeficientu obrobitelnosti materiálu určeného k výpočtu
časové normy
Machinability Coefficient Comparison Regarding Materials Scheduled
for Time Standard Calculations

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Obráběné materiály a obráběcí nástroje.
3. Koeficienty obrobitelnosti materiálu.
4. Metodika měření.
5. Výsledky experimentální části.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 1.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 79 s. 80-01-02091-6.
MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 2.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 86 s. 80-01-02091-6.
MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 3.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 81 s. 80-01-02091-6.
BRYCHTA, Josef. *Obrábění I: návody pro cvičení. Část 2*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 114 s. 80-248-0577-4.
BRYCHTA, Josef. *Obrábění I: návody pro cvičení. Část 1*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 79 s. 80-248-0576-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Dr.Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího ročníkové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2010

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zabeł', is written on a light yellow rectangular background.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 5. 2010



plné jméno autora práce

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZŮBEK, J. Porovnání koeficientu obrobitelnosti určeného k výpočtu časové normy: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2010, 38 s. Vedoucí práce: Brychta, J.

Bakalářská práce seznamuje se základními pojmy jako je soustružení, řezné podmínky, obrobitelnost materiálu aj. Objasňuje určování skupin obrobitelnosti materiálu a stávající způsob, který se užívá k výpočtu řezné rychlosti, potřebné ke stanovení normy spotřeby výrobního času. Řeší problém výkyvů v plnění normy stanovením nových koeficientů. Na vzorové součásti přibližuje způsob výpočtu časové normy, porovnává stávající a nově navržené koeficienty obrobitelnosti. Graficky znázorňuje dosažené výsledky experimentálně testovaných strojních skupin.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZŮBEK, J. Machinability Coefficient Comparison Regarding Materials Schedule for Time Standard Calculations: bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly, 2010, 38 s. Thesis head: Brychta, J.

This bachelor thesis introduces basic terms like lathe-turning, cutting conditions, machinability of materials and some other. It clarifies the way of determining the machinability group which is needed to calculate speed of cutting which is then used to determine the consumption of production time. It solves the problem of deviations in fulfilling production quotas by determining new coefficients. It illustrates the way of calculating time quotas on a sample component and then compares existing and proposed machinability coefficients. Results achieved by tested machine groups are then put into graphs.

Obsah

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	2
1 ÚVOD	4
2 VYBRANÉ POJMY	5
2.1 SOUSTRUŽENÍ	5
2.1.1 Podstata soustružení	5
2.1.2 Řezné podmínky	6
2.1.3 Nástroje	8
2.2 NORMATIVNÍ ZÁKLADNA (NORMA)	11
2.2.1 Technicko hospodářské normy (THN)	11
2.3 OBROBITELNOST MATERIÁLU	12
2.3.1 Stupeň obrobitelnosti	14
2.3.2 Dělení materiálů	14
3 STÁVAJÍCÍCH KOEFICIENTY OBROBITELNOSTI, URČOVÁNÍ OBROBITELNOSTI.....	15
3.1 PŘÍKLAD VÝPOČTU SKUPIN OBROBITELNOSTI A KOEFICIENTU K_v	15
3.1.1 Konstanty chemického složení $K_{chs 1}$ a $K_{chs 2}$	15
3.1.2 Konstanty K_{mh}	17
3.2 STÁVAJÍCÍ KOEFICIENTY OBROBITELNOSTI	19
4 NÁVRH NOVÝCH KOEFICIENTŮ OBROBITELNOSTI.....	21
4.1 METODIKA PRO KONTROLU VYSTAVENÝCH NORMOHODIN	21
4.2 ISO 513	23
4.3 ODHAD VÝKONNOSTI ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ	25
4.3.1 Příklad odhadu výkonnosti nástrojů:	25
4.4 STANOVENÍ NOVÝCH KOEFICIENTŮ OBROBITELNOSTI.....	27
5 POROVNÁNÍ KOEFICIENTŮ OBROBITELNOSTI.....	28
5.1 VZOROVÝ VÝPOČET ČASOVÉ NORMY	28
5.1.1 Postup opracování na soustruhu	28
5.1.2 Postup výpočtu časové normy	29
5.2 OBECNÉ POROVNÁNÍ	32
5.3 EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ	35
5.4 ZHODNOCENÍ VE VÝROBĚ	36
6 ZÁVĚR.....	37
SEZNAM LITERATURY:	38

Seznam použitého značení

Značení	Význam	Jednotka
a_p	hloubka řezu	mm
CVD	povlakování metodou chemického nanášení – chemical vapour deposition	-
ČSN	označení českých technických norem	-
D	průměr obráběné plochy	mm
d	průměr obrobené plochy	mm
DIN	označení německých technických norem	-
EN	označení evropské normy	-
f	posuv na otáčku	mm
HB	označení tvrdosti podle Brinella	HB
ISO	označení mezinárodní normy	-
Kchs 1	konstanta chemického složení vyčíslována z maximálního obsahu prvků	-
Kchs 2	součet jednotlivých konstant Kchs 1	-
Kv	koeficient obrobitelnosti	-
L	délka obráběné plochy	mm
l	délka obrobené plochy	mm
n	počet otáček vřetene	min ⁻¹
NH	normalizované hodiny	hodiny
OH	odpracované hodiny	hodiny
PKNB	polykrystalický kubický nitrid boru	-
PVD	povlakování metodou fyzikálního nanášení – physical vapour deposition	-
R10	označení vyvolené řady	-

R15	označení vyvolené řady	-
Ra	střední aritmetická odchylka profilu	μm
RO	rychlořezná ocel	-
SK	slinutý karbid	-
t	tuna	kg .10 ³
T45	trvanlivost řezného nástroje	min.
THN	technicko hospodářské normy	-
VBD	vyměnitelná břitová destička	-
v _c	řezná rychlost, rychlost hlavního řezného pohybu	m.min ⁻¹
v _e	výsledná řezná rychlost, vektorový součet v _c a v _f	m.min ⁻¹
v _f	rychlost posuvu, posuvný pohyb	m.min ⁻¹
VHM	Vítkovice Heavy Machinery, a.s.	-
VNORMS	označení výpočetního softwaru	-
φ	označení průměru na výkovku	-

1 Úvod

Při zabezpečování rozvoje podniku má značný význam soustavné zkoumání spotřeby pracovního času a technickoorganizačních podmínek za daného stupně rozvoje výrobních sil. Technické normy mají pro strojírenské i jiné podniky mimořádný význam, který se však liší u jednotlivých skupin a druhů technických norem. Je to způsobeno rozmanitostí výroby a technologických přeměn a z toho plynoucí odlišností při přípravě a organizaci výroby. Normy spotřeby výrobního času udávají nutnou spotřebu práce a jsou výchozími údaji při technicko-hospodářském plánování činnosti strojírenského podniku. Pouze na základě objektivních norem času je možné zajistit plné využití kapacit výrobního zařízení, určit optimální počty pracovníků pro vykonání určitého množství práce, stanovit úkoly v růstu produktivity práce, plán nákladů v části základních mzdových prostředků a další ukazatele. Správně stanovená spotřeba času je základem pro objektivní určení všech důležitých složek plánu.

Díky současnému velkému rozvoji stavebnictví a strojírenství se velice často využívají kovové materiály nejrůznějších fyzikálních a mechanických vlastností i širokého chemického složení. Materiály jsou rozděleny do tříd a skupin podle jejich vlastností. Každý materiál má jinou obrobiteľnost, která hraje důležitou roli při výpočtu časové normy. Význam rozdělení materiálu do skupin obrobiteľnosti je ve stanovení jednotné základny pro určení optimálních řezných podmínek. Správné uplatnění skupin obrobiteľnosti a odvozených řezných podmínek nejvíce ovlivňují úroveň časových norem a výrazně působí na produktivitu práce a ostatních ekonomických ukazatelů.

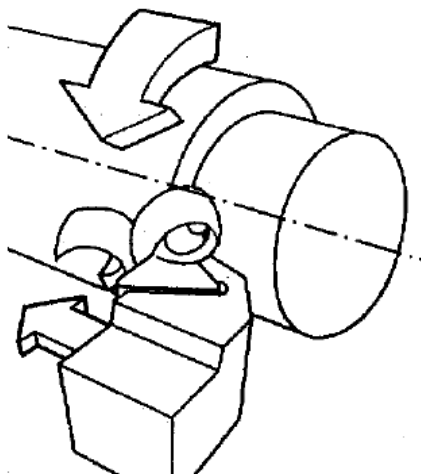
Cílem této práce bylo v duchu soustavného zkoumání spotřeby pracovního času, ukázat, jaký má vliv vývoj nástrojů na řezné podmínky, objektivizovat koeficienty obrobiteľnosti pro výpočet nové časové normy a porovnat s koeficienty obrobiteľnosti užívané v současnosti. Pro porovnání byl zvolen výpočet časové normy na vzorové součásti. Práce je zaměřena na oblast jednobřítých nástrojů (soustružení).

2 Vybrané pojmy

2.1 Soustružení

Soustružení je nejjednodušší a nejpoužívanější třísková obráběcí metoda využívající jednobřitých nástrojů nebo-li soustružnických nožů. Soustružený obrobek (součást) je upnut v soustruhu, otáčí se a vykonává hlavní řezný pohyb (v_c). Posouvající se nůž koná vedlejší pohyb (v_f)(obr. 1).

Soustružením se vyrábí převážně součásti rotační. Na soustruzích lze vrtat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, upichovat, brousit a jinak opracovávat obrobky váhově od několika mg, až do několika tun.[1]

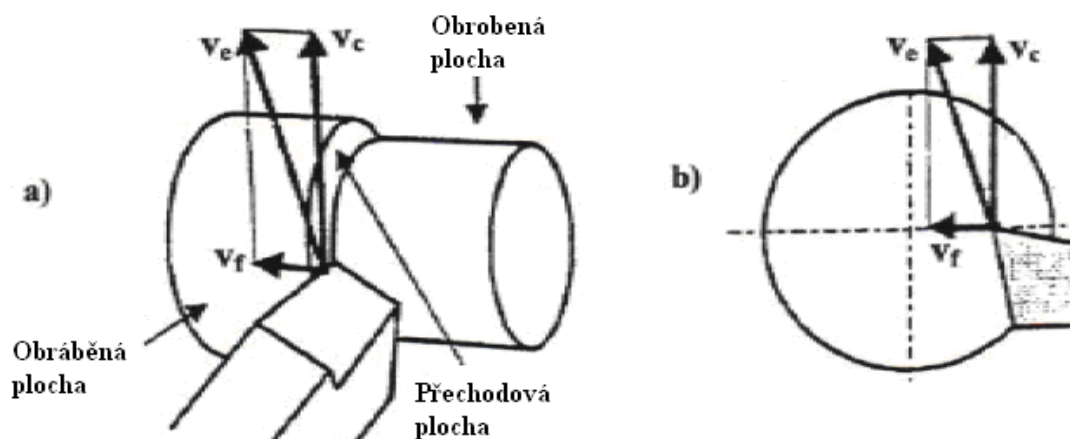


Obr. 1. Hlavní a vedlejší pohyb při soustružení [2]

2.1.1 Podstata soustružení

Soustružením dochází k odstranění přebytečné vrstvy materiálu na obrobku činnou částí klínovitého břitu nástroje. Břit má přesně definovanou geometrii a musí být tvrdší než obráběný materiál. Obráběním získává povrch obrobku požadovaný tvar, rozměr a drsnost. Rozeznáváme tyto druhy soustružení (obr. 2):

- podélné soustružení,
- čelní soustružení.



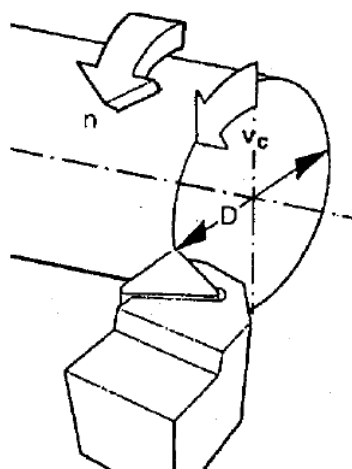
Obr. 2. Druhy soustružení: a) podélné soustružení, b) čelní soustružení [1]

Podélné soustružení, kdy se nůž posouvá ve směru osy rotace obrobku a výsledný řezný pohyb (v_e) má tvar šroubovice. Čelní soustružení, kde dochází k posuvu nože kolmo k ose rotace.

2.1.2 Řezné podmínky

Pod pojmem řezné podmínky se rozumí určení řezné rychlosti, posuvu a hloubky řezu.

Řezná rychlost (v_c) je obvodová rychlost soustružené plochy, která říká, kolik materiálu se odřízne a za jak dlouho (obr. 3). Záleží přitom na mnoha vlivech: na materiálu obráběného polotovaru, materiálu nože, geometrii řezného klínu, chlazení aj.



Obr. 3. Řezná rychlost při vnějším soustružení [2]

Za jednu otáčku nůž urízne třísku délky rovné délce obvodu materiálu. Řeznou rychlost tedy určíme ze vztahu (1):

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

kde D – průměr obráběné plochy [mm]

n – počet otáček vřetene [min⁻¹]

Posuv (f) je dráha nástroje vykonána za jednu otáčku obrobku. Rychlost posuvu lze určit v závislosti na otáčkách. Pro hrubování se užívá vyšších hodnot posuvu, řádově jednotky mm. Pro dokončovací práce desetiny až setiny mm. [1]

$$v_f = f \cdot n \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

f – posuv na otáčku [mm]

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m. min}^{-1}\text{]} \quad (3)$$

Hloubka řezu (a_p) je tloušťka vrstvy materiálu, odřezávané z povrchu obrobku. Velikost a tvar průřezu třísky se při soustružení určuje velikostí posuvu, hloubkou řezu, úhlem nastavení a tvarem řezné hrany v záběru. Pro jednotlivé druhy soustružení se hloubka řezu počítá následovně (obr. 4):

soustružení podélné,

$$a_p = 0,5 \cdot (D - d) \text{ [mm]} \quad (4)$$

kde D – průměr obráběné plochy [mm]

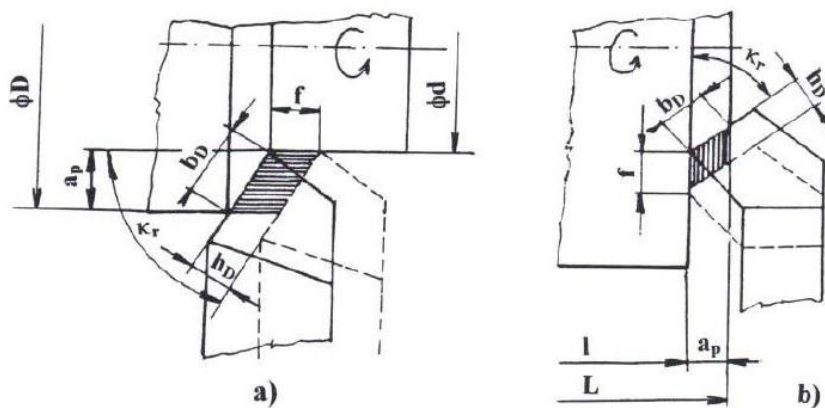
d – průměr obrobené plochy [mm]

soustružení čelní,

$$a_p = L - l \text{ [mm]} \quad (5)$$

kde L – délka obráběné plochy [mm]

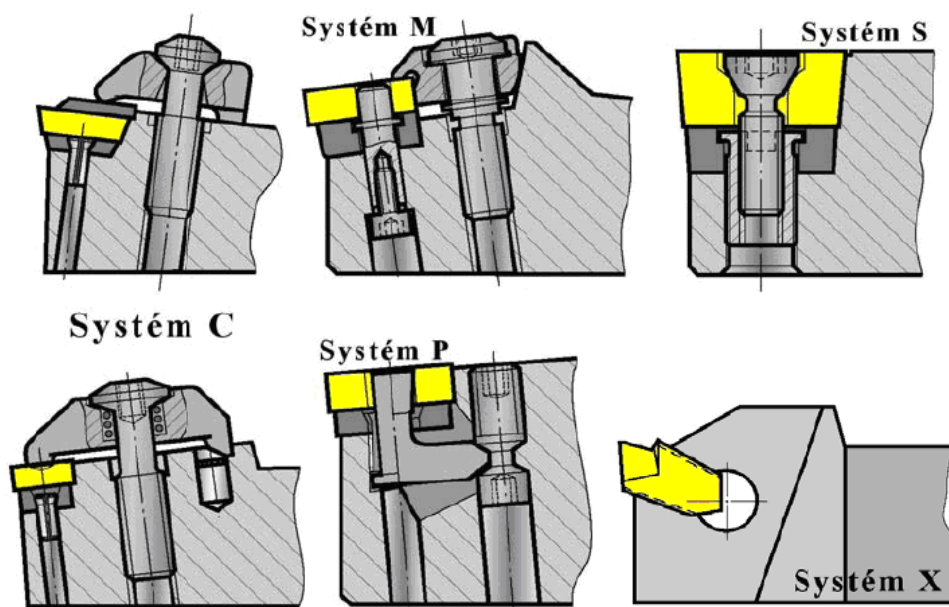
l – délka obrobené plochy [mm]



Obr. 4. Průřez třísky při soustružení [1]

2.1.3 Nástroje

Nástroje pro běžné soustružnické práce jsou normalizované dle ČSN 22 3700. Nejpoužívanějšími nástroji při soustružení jsou soustružnické nože. Podle konstrukce jsou nože celistvé, které jsou vyrobeny jako jeden celek, obvykle z rychlořezné oceli nebo oceli nástrojové. Dále nože s pájenými břitovými destičkami, upnuté připájením k tělesu nože z konstrukční oceli. V neposlední řadě nože s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou mechanicky upnuty v držáku tělesa nože upínacím systémem (obr. 5). Mají jednoduché tvary, jsou nenáročné na údržbu, a z hlediska ekonomického jsou laciné. Jsou charakterizovány tvarem řezného klínu, materiálem řezné části a průřezem tělesa nástroje.



Obr. 5. Systém upínání vyměnitelných břitových destiček [1]

Úkolem upínacích mechanismů u nožů s vyměnitelnými břitovými destičkami je zajistit pevné upnutí. Cílem uložení břitových destiček v držáku je nutnost zajistit, aby řezný odpor vzniklý při obrábění nezatěžoval upínací mechanismus, ale byl směřován do stěn držáku. [1]

Obráběcí nástroj je v průběhu obrábění vystavován mechanickému namáhání, tepelným účinkům, chemickým účinkům, otěru a difusi. Základní požadavek na obráběcí nástroje je otěruvzdornost při vysokých teplotách. V současnosti se pro jejich výrobu používají : [2]

- uhlíkové oceli,
- rychlořezné oceli,
- slinuté karbidy, řezná keramika,
- syntetické velmi tvrdé materiály,
- syntetická brusiva.

Mezi materiály, které se používají pro výrobu vyměnitelných břitových destiček patří: slinutý karbid–SK, slinutá rychlořezná ocel–RO, řezná keramika, cermety, polykrystalický kubický nitrid boru – PKNB a polykrystalický diamant – PD. [1]

Vysokou odolnost proti opotřebení zvyšují nejen materiály řezného nástroje, ale i technologie povlakování vyměnitelných břitových destiček. Odolnost a tvrdost nových řezných nástrojů dovoluje obrábět velmi tvrdé materiály vysokými řeznými rychlostmi, kterých nebylo možné dříve dosáhnout, a zvýšit tak produktivitu obrábění.

Zavedení povlakovaných slinutých karbidů bylo významným pokrokem ve vývoji řezných materiálů. Jen několik μm (4 až 12 μm) tenký povlak výrazně zvýšil progresivitu slinutých karbidů. Náhradou nepovlakované destičky za vyměnitelnou břitovou destičku povlakovanou došlo ke zvýšení řezných rychlostí a životnosti břitu. Zvýšila se tepelná odolnost, řezná rychlost a posuv. Dnes jsou téměř všechny základní druhy slinutých karbidů pro soustružení povlakovány. Povlakuje se jednoduchými, dvojnásobnými, trojnásobnými i vícenásobnými vrstvami. Moderní povlaky od doby prvních povlaků získaly znatelně na výkonnosti a spolehlivosti. Nejdůležitějšími materiály pro povlakování jsou: karbid titanu (TiC), nitrid titanu (TiN), oxid hlinitý / keramika Al_2O_3 a karbonitrid titanu (TiCN). Vzhledem k uvedeným možnostem není jednoduché zvolit optimální

nástrojový materiál, nejenom díky cenové variabilitě, ale i možnosti výběru materiálů o různém výkonu.

Povlakované slinuté karbidy se vyrábějí moderními technologiemi povlakování:

1. **Metodou chemického nanášení** – chemical vapour deposition / CVD.

Podstata této metody je chemická reakce různých plynů za vysokých teplot. Destičky jsou zahřáty na cca 1000°C. Díky CVD technologii mají břitové destičky stejnoměrný homogenní povlak s vynikající adhezi mezi nanesenou vrstvou a substrátem.

2. **Metodou fyzikálního nanášení** – physical vapour deposition / PVD.

Používá se u slinutých karbidů méně často. Ve velkém rozsahu se využívá této technologie pro povlakování rychlořezné oceli. Teploty při nanášení jsou u technologie PVD 500°C, což je poloviční hodnota oproti CVD. Užívá se k nanášení povlaků na složité profily či velmi ostré nástroje (stopkové frézy, vrtáky). [3]

2.2 Normativní základna (norma)

Norma je nástroj organizace a řízení, který vyjadřuje možnosti výrobních pochodů a zároveň umožňuje kontrolu a stimulaci jejich efektivního využití. Prvkem normativní základny je jednotný časově závazný předpis, norma.

Normativní základna se dělí na:

- technické normy,
- organizační normy,
- normativy operativního řízení výroby,
- technicko-hospodářské normy.

2.2.1 Technicko hospodářské normy (THN)

Vyjadřují vztahy mezi prvky vstupujícími do výrobního procesu a prvky vystupujícími z výrobního procesu. Jsou měřítkem úspěšnosti realizace úkolů, umožňují kontrolu probíhajících procesů i sestavení operativních plánů. Patří sem normy výkonové, které určují množství pracovního času nutného k provedení pracovní operace.

THN se tvoří následujícími metodami:

- statická,
- zkušebně – laboratorní,
- zkušebně – provozní,
- porovnávací,
- výpočtově analytická.

Základní výpočtová analytická metoda se využívá v hromadné a velkosériové výrobě a tam, kde je velká spotřeba materiálu. Vstupními informacemi pro samotný výpočet jsou výkresy a technologické postupy normované součásti. [4]

2.3 Obrobitelnost materiálu

Pojem obrobitelnost materiálu znamená souhrn fyzikálně - mechanických vlastností obráběného materiálu z hlediska jeho vhodnosti pro výrobu součástí určitým způsobem obrábění. Z hlediska technologie obrábění je obrobitelnost jednou z nejdůležitějších vlastností materiálu a hlavním faktorem, který ovlivňuje volbu řezných podmínek. Obrobitelnost nelze stanovit absolutně měřitelnou jednotkou. Určuje, zda se zkoumaný materiál obrábí hůře nebo lépe, než materiál jiný za předpokladu, že se obrábí stejnými řeznými podmínkami, shodným řezným materiálem a stejným druhem stroje (tzn. srovnáním zkoušeného materiálu a referenčního (etalonového) materiálu). Jednotné normativy zařazují oceli do tříd (skupin) s označením 1-20. Relativně nejhorší obrobitelnost má materiál s nejnižším číslem. Nejlepší obrobitelnost má materiál s nejvyšším číslem. Obecně je možné posuzovat obrobitelnost podle toho, jaký má vliv na tvorbu třísky, jakosti povrchu obrobené součásti anebo velikost řezné rychlosti při zvolené životnosti břitu.[5]

Rozlišujeme obrobitelnost **relativní**, kterou lze stanovit z porovnávacích zkoušek, a obrobitelnost **optimální**, která se zjišťuje pomocí optimalizačních testů. Tyto pojmy nejsou dosud kvantitativně zpracovány, neboť určení obrobitelnosti zkouškami je z důvodu velkých finančních i časových nákladů a značného množství možných činitelů ovlivňujících proces obrábění nedostupné. Byl tedy zaveden jiný způsob hodnocení obrobitelnosti, kde je hlavním kritériem hospodárnost. [2]

Při posuzování obrobitelnosti materiálu mají největší význam následující hlediska:

- **velikosti řezné rychlosti**, přičemž je v praxi nejpoužívanějším srovnávacím měřítkem obrobitelnost podle řezné rychlosti, která odpovídá trvanlivosti ostří nástroje 45min.
- **velikosti řezného odporu**, kde měřítkem obrobitelnosti je poměr tangenciálních složek řezného odporu.
- **jakosti opracované plochy**, která se používá u dokončovacích operací. Drsnost obrobené plochy závisí na řezných podmínkách a materiálu obrobku. Příznivě na jakost povrchu působí např. vyšší hodnoty tvrdosti, mikrostruktura s větší velikostí zrn perlitu a chemické prvky s menší tažností.

- **utváření třísek při obrábění**, kde je měřítkem obrobitelnosti poměr objemu třísky k objemu obrobeného materiálu, délka dráhy nože k délce vzniklé třísky a tloušťka odřezané třísky k tloušťce plochy řezu.
- **stálosti rozměrů**, které se sledují jen výjimečně a to v případě sériové a hromadné výroby.

Při obrábění dvou různých materiálů může dojít ke shodě obrobitelnosti podle řezné rychlosti, nemusí se však shodovat v obrobitelnosti podle jakosti povrchu, utváření třísky nebo řezného odporu. V takovémto případě se obrobitelnost posuzuje podle kritéria rozhodujícího v konkrétním případě obrábění.[5]

Mezi hlavní činitele ovlivňující obrobitelnost materiálů řadíme vlastnosti, které spolu úzce souvisí a ovlivňují se. Jsou to:

- **mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti obráběného materiálu** jako je pevnost v tahu, tvrdost, poměrné prodloužení, tepelná vodivost, které nejvíce ovlivňují obrobitelnost. Obecně platí, že vyšší pevnost a tvrdost materiálu s sebou nese zhoršení obrobitelnosti.
- **chemické složení**, kdy může obrobitelnost zlepšit nebo naopak zhoršit. Např. nízký obsah uhlíku (do 0,15%) zhoršuje obrobitelnost, neboť je tažnost příliš vysoká. Stejně tak vysoký obsah uhlíku (nad 0,30%) obrobitelnost zhoršuje, neboť dochází k rychlému růstu pevnosti.
- **mikrostruktura materiálu**, kam patří velikost zrn, rozložení, druh a charakter nekovových vměstků.
- **způsob výroby a tepelné zpracování**,
- **řezné prostředí**. [5]

Hodnotíme-li obrobitelnost obecně můžeme říct, že když u materiálů obráběných stejnými parametry (nástrojem, řeznými podmínkami, na stejném stroji) dosáhneme shodné trvanlivosti nástroje a jakosti opracovaného povrchu, je obrobitelnost identická.

2.3.1 Stupeň obrobiteľnosti

Vyjadruje se směrným číslem, které říká, jak si stojí obrobiteľnosť materiálu označeného tímto číslem oproti materiálu porovnávacímu, jenž má stupeň obrobiteľnosti vždy 1. [2]

2.3.2 Dělení materiálů

Materiály pro obrábění dělíme do následujících kategorií:

A) litiny

- tvárné litiny,
- šedé litiny a slitiny železa,
- temperované litiny.

B) oceli

- oceli tvářené a lité,
- lité ocelové válce.

C) neželezné kovy

- měď a slitiny mědi tvářené i lité,
- mosazi tvářené a lité.

D) lehké kovy

- hliník a slitiny hliníku tvářené i lité.

Obrobiteľnosť materiálu je souhrnný pojem, který svědčí o mechanických, fyzikálních a chemických vlastnostech materiálu, o jeho struktuře a způsobu výroby. Problematice obrobiteľnosti materiálu je nutné věnovat velkou pozornost, z hlediska přesného stanovení doporučených řezných rychlostí. [5]

3 Stávajících koeficienty obrobiteľnosti, určování obrobiteľnosti

Koeficienty obrobiteľnosti (K_v), využívá oddělení přípravy výroby pro stanovení normy spotřeby výrobního času. Časovou normu (normu spotřeby výrobního času) stanovují techničtí pracovníci v oddělení normování. K výpočtu nové časové normy se ve společnosti VHM používá podnikového normativu a výpočtového softwaru „VNORMS“.

Veškeré časové hodnoty (časy strojní a vedlejší) jsou vypočteny z ověřených podmínek stanovených pro základní materiál. Stanovení obrobiteľnosti ocelových materiálů pro třískové obrábění nástroji s definovatelnou geometrií břitu nástroje a následné odvození řezných rychlostí u různých skupin obrobiteľnosti vychází v současné době z podnikových normativů (sborníků).

Základním podkladem pro zpracování byl celostátní normativ a provedené zkoušky řezných podmínek. Normativ rozděluje oceli do skupin na základě zkoušek bez chlazení, prováděných slinutými karbidy P10-P20. Výpočet skupin obrobiteľnosti i jednotlivé vyhodnocovací tabulky, zpracovány v normativech, jsou odvozeny z provedených zkoušek a zkušeností se zařazením materiálů v předchozích normativech a výzkumných zpráv VUOSO Praha a ČVUT Praha – katedra obrábění. [5]

3.1 Příklad výpočtu skupin obrobiteľnosti a koeficientu K_v

3.1.1 Konstanty chemického složení $K_{chs 1}$ a $K_{chs 2}$

ČSN normy (a další např. EN, DIN) poskytují údaje o specifickém rozpětí jednotlivých prvků obsažených v materiálu. Konstanta $K_{chs 1}$ je vyčíslována z maximálního obsahu prvků, jež daná materiállová norma udává. $K_{chs 1}$ se stanovuje z tabulek k tomu určených (tabulka č. 1). Tabulky jsou děleny podle druhu oceli na oceli konstrukční tvářené, oceli austenitické, korozivzdorné, cementační a nitridované, nemagnetické atd. V případě, že hodnota vyjádřená v normě není shodná s údajem v tabulce, použije se nejbližší nižší hodnota a příslušná konstanta $K_{chs 1}$.

Součet jednotlivých konstant Kchs 1 se použije pro výpočet skupiny obrobitelnosti jako konstanta Kchs2. Síra, fosfor, měď a olovo jsou považovány za prvky se zlepšujícím vlivem na obrobitelnost a proto jsou od konstanty Kchs 2 odečítány. [5]

Tabulka 1. Tabulka pro stanovení Kchs 1 [5]

STROJÍRENSTVÍ NORMATIVI	OCELI – třída 10- 19,26-29	Tabulka číslo 1a
----------------------------	----------------------------	------------------

OBRÁBĚNÍ – konstanty Kchs 1

% prvků	C Mn	Mn	Si Ti	Cr Ni	V W	Co Mo	Al Ta Nb Cu	% prvků	C Mn	Si Ti	Cr Ni	V W	Co Mo	Al Ta Nb Cu
	Kchs1								Kchs1					
0,1	1,40	0,85	0,23	0,10	0,10	0,10	0,15	1,20	3,20	1,42	0,34	0,23	0,53	0,97
0,12	1,30	0,82	0,26	0,10	0,10	0,12	0,17	1,30	3,40	1,50	0,36	0,24	0,56	1,03
0,14	1,25	0,80	0,29	0,10	0,10	0,13	0,19	1,40	3,60	1,60	0,38	0,25	0,59	1,10
0,16	1,18	0,78	0,32	0,10	0,10	0,14	0,21	1,50	3,78	1,70	0,40	0,26	0,62	1,15
0,18	1,12	0,76	0,38	0,10	0,10	0,15	0,23	1,60	3,95	1,80	0,42	0,27	0,65	1,20
0,20	1,08	0,74	0,40	0,10	0,10	0,16	0,25	1,70	4,13	1,88	0,44	0,28	0,68	1,25
0,22	1,05	0,72	0,43	0,11	0,10	0,17	0,27	1,80	4,30	1,96	0,46	0,29	0,70	1,30
0,24	1,02	0,74	0,46	0,11	0,10	0,19	0,29	1,90	4,45	2,03	0,47	0,30	0,72	1,35
0,26	1,02	0,76	0,49	0,12	0,10	0,20	0,31	2,00	4,60	2,12	0,48	0,31	0,75	1,40
0,28	1,07	0,78	0,52	0,12	0,10	0,21	0,32	2,10		2,20	0,50	0,31	0,77	1,45
0,30	1,13	0,82	0,57	0,13	0,10	0,22	0,34	2,20		2,28	0,52	0,32	0,80	1,50
0,35	1,26	0,88	0,62	0,14	0,11	0,24	0,38	2,30		2,36	0,53	0,33	0,82	1,55
0,40	1,40	0,95	0,67	0,15	0,11	0,26	0,42	2,40		2,44	0,55	0,34	0,85	1,60
0,45	1,53	1,05	0,74	0,16	0,12	0,28	0,46	2,50		2,50	0,56	0,35	0,87	1,65
0,50	1,67	1,15	0,80	0,18	0,13	0,30	0,50	2,60		2,58	0,58	0,36	0,90	1,70
0,60	1,87	1,30	0,86	0,21	0,15	0,33	0,57	2,70		2,66	0,60	0,37	0,92	1,75
0,65	2,00	1,37	0,91	0,22	0,16	0,35	0,60	2,80		2,72	0,61	0,38	0,94	1,80
0,70	2,15	1,45	0,97	0,23	0,17	0,37	0,64	2,90		2,80	0,62	0,39	0,96	1,85
0,75	2,25	1,52	1,02	0,24	0,18	0,39	0,67	3,00		2,88	0,64	0,39	0,98	1,90
0,80	2,35	1,60	1,07	0,25	0,19	0,40	0,70	3,10		2,95	0,65	0,40	1,00	1,95
0,85	2,45	1,67	1,12	0,26	0,20	0,42	0,73	3,20		3,02	0,67	0,40	1,02	2,00
0,90	2,57	1,75	1,17	0,27	0,21	0,44	0,76	3,30		3,10	0,68	0,41	1,04	2,05
0,95	2,68	1,82	1,22	0,28	0,22	0,46	0,80	3,40		3,16	0,70	0,42	1,06	2,10

3.1.2 Konstanty K_{mh}

Materiálové normy ČSN (a další např. EN, DIN) udávají rozsah mechanických vlastností jednotlivých materiálů v jednotkách tvrdosti nebo pevnosti. Konstanta K_{mh} je vyčíslována z maximální hodnoty tvrdosti respektive pevnosti konkrétního materiálu. V případě, že normy udávají jen hodnoty nejnižší nebo jen informativní hodnoty tvrdosti respektive pevnosti, používá se při vyhodnocování konstanty K_{mh} následující navýšení:

•	nekalené oceli + 20 %,	+20%
•	kalené oceli do HRC 45,	+10%
•	kalené oceli do HRC 55,	+6%
•	kalené oceli do HRC 60,	+3%
•	kalené oceli přes HRC60	-
•	těžké a lehké neželezné kovy, litiny	25%

Výše uvedená navýšení vycházejí z rozboru normy ČSN. Stejně jako konstanty chemického složení se i konstanta K_{mh} stanovuje z tabulek. Tabulky jsou děleny podle druhu oceli. V případě, že hodnota vyjádřená v normě není shodná s údajem v tabulce, použije se nejbližší nižší hodnota a příslušná konstanta K_{mh}. [5]

Příklady výpočtu skupin obrobitelnosti:

Př. 1, tabulka č. 2

Materiál : ČSN 11109.0 (automatová ocel)

Tvrdost: 218 HB (760MPa)

Taženo za studena (a), tyč Ø 15mm

Tabulka 2. Příklad výpočtu skupiny obrobitelnosti [5]

Chemické složení v %(max.)	Obrábění	
	Kchs 1(tab. 4a/A)	Kmh(tab. 4a/B)
C = 0,13	1,30	0,77
Mn = 1,5	<u>2,50</u>	
	3,80	
P = 0,10	-0,2	
S = 0,32	<u>-0,42</u>	
	-0,62	
Kchs 2 = 3,80 – 0,62 = 3,18		

Skupina obrobitelnosti pro obrábění :

$$3,18 \cdot 0,77 = 2,45 \dots\dots 15B$$

kde 3,18 – Kchs 2

0,77 – Kmh

2,45 – hodnota sloužící k volbě skupiny obrobitelnosti z tabulek v normativu

15B – skupina obrobitelnosti (tabulka č. 4)

Př. 2, tabulka č. 3

Materiál: ČSN 17246.4 (ocel austenitická)

tvrdost: 181 HB (630 MPa)

trubka bežešvá

Tabulka 3. Příklad výpočtu skupiny obrobiteľnosti [5]

Chemické složení v %(max.)	Obrábění	
	Kchs 1(tab. č. 1a)	Kmh(tab. 4a/A)
C = 0,12	1,30	0,75
Mn = 2,00	3,15	
Si = 1,00	1,28	
Cr = 20,00	2,68	
Ni = 11,00	1,62	
Ti = 0,55	<u>0,80</u>	
	10,83	
Kchs 2 = 10,83		

Skupina obrobiteľnosti pro obrábění :

$$10,83 \cdot 0,75 = 8,12 \dots \dots 9B$$

kde 10,83 – Kchs 2

0,75 – Kmh

8,12 – hodnota sloužící k volbě skupiny obrobiteľnosti z tabulek v normativu

9B – skupina obrobiteľnosti (tabulka č. 4)

3.2 Stávající koeficienty obrobiteľnosti

Etalonovým materiálem, na kterém byli prováděny zkoušky určující řezné podmínky pro základní skupinu obrobiteľnosti 14B je materiál ČSN 12 050.1. Zkoušky byly prováděny na materiálu válcového průřezu o rozměrech: průměr D=100mm a délka l=680mm. Experimentálně byly zjištěny následující řezné podmínky:

$$v_c = 136 \text{ m/min}$$

$$a_p = 4 \text{ mm}$$

$$f = 0,6 \text{ mm/ot}$$

při trvanlivosti břitu T45 min. [5]

Pro stanovení řezných rychlostí u jiných ocelových materiálů byla vypracována tabulka obrobiteľnosti materiálu (tabulka č. 4). Každé skupině obrobiteľnosti je přiřazen

koeficient obrobiteľnosti K_v (tabuľka č. 4), podľa ktorého určíme reznú rýchlosť za ostatných rovnakých rezných podmienok (Př. 3 a 4). Koeficienty sú stanovené podľa vyvolenej matematickej rady R10.

S takto stanovenými reznými rýchlosťami pak počítá technický pracovník normování při výpočtu časové normy pracnosti.

Tabuľka 4. Koeficienty obrobiteľnosti ocelových materiáľů

Skupina obrobiteľnosti	koeficient K_v
15B	1,26
14B	1
13B	0,8
12B	0,63
11B	0,5
10B	0,4
9B	0,32
8B	0,25
7B	0,2

Pro ocel 14220.6 řazené do skupiny obrobiteľnosti 11B platí:

Př. 3 $136 \cdot 0,5 = 68 \text{ [m/min]}$

Pro ocel 17246.4 řazené do skupiny obrobiteľnosti 9B platí:

Př. 4 $136 \cdot 0,32 = 43 \text{ [m/min]}$

kde 136 – experimentálně zjištěná rezná rychlost

0,5 a 0,32 – koeficienty obrobiteľnosti skupiny 11B a 9B

výsledky jsou rezné rychlosti, podle kterých se vypočte časová norma.

4 Návrh nových koeficientů obrobitelnosti

Norma jako taková je vlastně kvalifikovaný odhad. Její přesnost závisí na množství informací při zpracování, na technologii výroby, odborných a praktických znalostech normovače a dalších faktorech. Skutečná pracnost (OH normované součásti) je známá až po samotném provedení jednotlivých úkonů.

V současné době dochází k rozdíům mezi vystavenými normohodinami (NH) pro novou součást a hodinami odpracovanými (OH) na dílci ve výrobě. Metodikou vypracovanou pro kontrolu vystavených normohodin byl, u komplexních norem a především norem pro soustružení vnějších průměrů materiálu nižších skupin obrobitelnosti (13B – 9B), zjištěn výkyv v kladném směru. Výroba plní zadaný plán více než na 100%. Normy jsou tedy příliš měkké, což se především promítá v ceně samotného výrobku. Vzhledem k požadavkům neustálého snižování vznikl úkol, objektivizovat a zpřesnit teoretický výpočet časové normy u soustružení vnějších průměrů a dále snížit současný výkyv v plnění.

Jedním z důvodů, proč se takovéto rozdíly vytvořili, může být stagnace vývoje nových normativů oproti rostoucímu vývoji nových řezných materiálu a technologií v současné době používaných výrobou. Významnými činiteli ovlivňujícími řezné rychlosti při výpočtu časové normy jsou koeficienty obrobitelnosti.

4.1 Metodika pro kontrolu vystavených normohodin

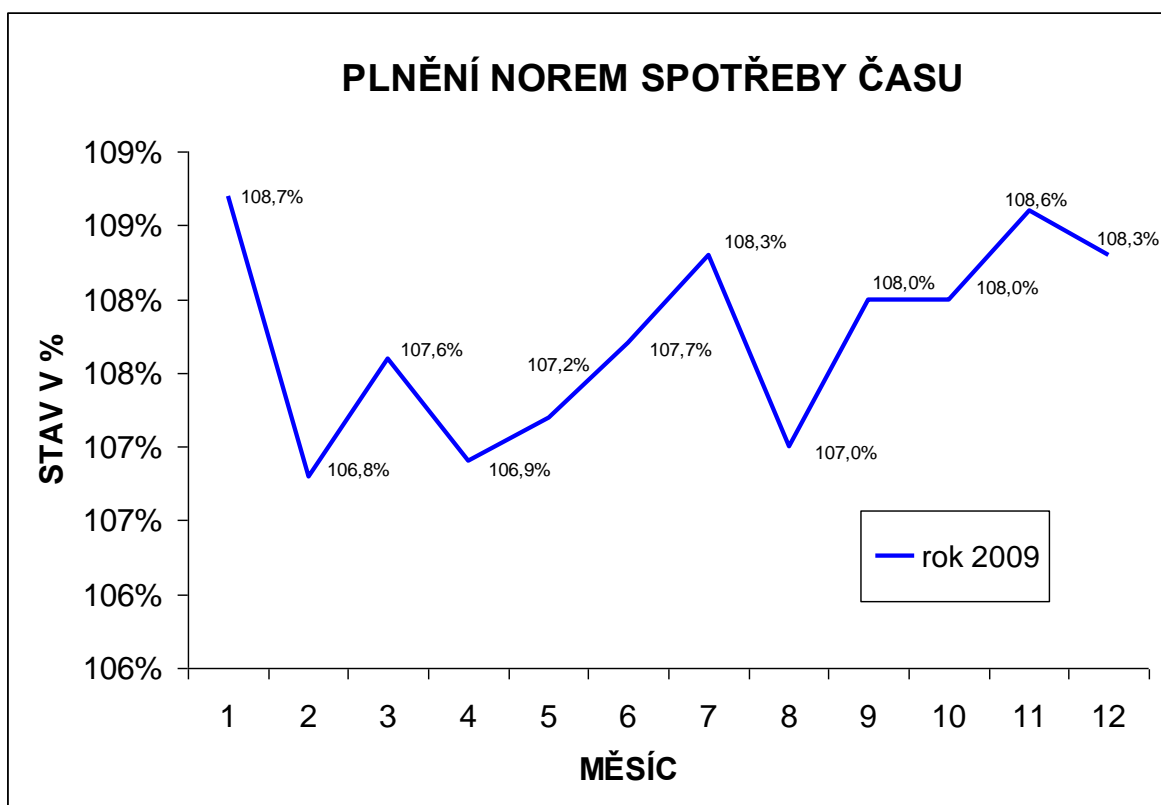
Využití předepsaného času je monitorováno nástrojem oddělení přípravy výroby, jež zjišťuje jak a s jakou procentuální úspěšností plní výroba vystavené normy.

Význam metodiky spočívá ve sbírání informací z interního systému firmy nebo prováděním kontrolního měření přímo na pracovišti. Opatřená data jsou dále zpracovávána a analyzována. Vzor porovnávacího protokolu používaného při měření ve výrobě uvádí tabulka č. 5.

V roce 2009 byla naměřená celková odchylka u nově vystavených norem pro obrobky z materiálu nižších skupin obrobitelnosti 13B-9B (tabulka č. 4). Za loňský rok 2009 se pohybovala mezi 7 – 9% (graf č. 1).

Tabulka 5. Pozorovací list

Závod: VHM Provoz: 370	POZOROVACÍ LIST pro SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE NEBO PRŮBĚHU PRÁCE JEDNOTLIVCE	DOBA POZOROVÁNÍ Od 6.5.2010 Do 6.5.2010		List číslo: 1/1	Krycí list číslo:
		Pozorovatel:			
		Datum:			
Práce (operace):					
Poř. číslo	Pozorované dění	čas		poznámka	
		postupný	jednotlivý		
1	Upínání	6:00			
		6:30	30 min.		
2	Pomocné ložisko	6:35			
	1.tř.: D350; a _p 5/pl; L 200mm; v 50-60ot/min; f 0,6mm/ot				
	2.tř.: D340; a _p 3/pl; L200mm; v50-60ot/min; f 0,6mm/ot				
	3.tř.: D339,4; a _p 0,3/pl; L 200mm; v 50-60 ot/min; f 0,6 mm/ot				
	4.tř.: D339,4; a _p 0,3/pl; L 200mm; v 50-60 ot/min; f 0,6 mm/ot				
	Nástroj : letovaný , SK S3	7:02	27 min.		
3	Ustavení lunety	7:02			
		7:12	10 min		
4	Hlavní ložisko	7:12			
	1.tř.: D350; a _p 5/pl; L 200mm; v 50-60ot/min; f 0,6mm/ot				
	2.tř.: D340; a _p 3/pl; L200mm; v50-60ot/min; f 0,6mm/ot				
	3.tř.: D339,4; a _p 0,3/pl; L 200mm; v 50-60 ot/min; f 0,6 mm/ot				
	4.tř.: D339,4; a _p 0,3/pl; L 200mm; v 50-60 ot/min; f 0,6 mm/ot				
	Nástroj : letovaný , SK S3	7:39	27 min		
5	Podélné soustružení _ PŘERUŠOVANÝ ŘEZ	7:39			
	1.tř.: D350; a _p 15/pl; L 150mm; v 50ot/min; f 0,6mm/ot				
	Nástroj: SCMT 250924 TP200	7:44	5 min	4x	
6	Podélné soustružení	7:44			
	1.tř.: D350; a _p 15/pl; L 7440mm; v 100ot/min; f 1mm/ot				
	Nástroj: SCMT 250924 TP200	8:59	75 min		
	Podélné soustružení	9:00			
	2.tř.: D330 a _p 3/pl; L 7440mm; v 100ot/min; f 1mm/ot				
	Nástroj: SNMM 2505724 9230	10:15	75 min		



Graf 1. Plnění norem spotřeby času

4.2 ISO 513

Je mezinárodní norma schválena 1. února 2006 s účinností od 1. března 2006. Rozděluje tvrdé řezné materiály včetně tvrdokovů (karbidů), keramiky, diamantu a nitridu bóru pro obrábění a určuje jejich používání. Vzniklo šest základních skupin, v nichž jsou sdruženy materiály, které vyvíjejí stejný typ namáhání na břit obráběcího nástroje a tudíž i podobný typ opotřebení. Tyto základní skupiny jsou označeny velkými písmeny P, M, K, N, S, H a rozeznávací barvou. Každá skupina se dále dělí na podskupiny (tabulka č. 6). [6]

Tabulky podle normy ISO 513 používají výrobci vyměnitelných břitových destiček pro identifikaci materiálu, volbu vhodného nástroje a startovních řezných podmínek.

Tabulka 6. Dělení řezných materiálu dle ISO 513 [6]

Skupiny použití			Podskupiny použití			
Identifikační písmeno	Identifikační barva	Obráběné materiály	Tvrdé řezné materiály			
P	modrá	Ocel: všechny druhy oceli a ocelolitiny vyjma korozivzdorných ocelí s austenitickou strukturou.	P01 P10 P20 P30 P40 P50	P05 P15 P25 P35 P45	↑ ^a	↓ ^b
M	žlutá	Korozivzdorná ocel: Korozivzdorná austenitická a austeniticko-feritická ocel a ocelolitina.	M01 M10 M20 M30 M40	M05 M15 M25 M35	↑ ^a	↓ ^b
K	červená	Litina: Šedá litina, tvárná litina, temperovaná (kujná) litina.	K01 K10 K20 K30 K40	K05 K15 K25 K35	↑ ^a	↓ ^b
N	zelená	Neželezné kovy: Hliník a ostatní neželezné kovy, nekovové materiály.	N01 N10 N20 N30	N05 N15 N25	↑ ^a	↓ ^b
S	hnědá	Superslitiny a titan: Žáruvzdorné speciální slitiny na základě železa, niklu a kobaltu, titan a slitiny titanu.	S01 S10 S20 S30	S05 S15 S25	↑ ^a	↓ ^b
H	šedá	Tvrdé materiály: Kalené oceli, kalené litinové materiály, tvrzená litina.	H01 H10 H20 H30	H05 H15 H25	↑ ^a	↓ ^b
^a Zvyšování rychlosti, zvyšování ořezivzdornosti řezného materiálu.						
^b Zvyšování posuvu, zvyšování houževnatosti řezného materiálu.						

4.3 Odhad výkonnosti řezných nástrojů

K odhadu výkonnosti řezných nástrojů pro zpřesnění výpočtu časové normy bylo použito informací z katalogu společnosti SANDVIK. Produkty firmy SANDVIK jsou součástí výroby VHM. SANDVIK je největší světový výrobce břitových destiček a nástrojů ze slinutých karbidů pro soustružení i frézování. Každoročně investuje 6% svého obrátu do výzkumu a vývoje. [7]

4.3.1 Příklad odhadu výkonnosti nástrojů:

1. V části katalogu s názvem Všeobecné soustružení, v podkapitole volba břitových destiček je přehled základních skupin P, M a K, dále přehled doporučené geometrie nástroje a doporučená řezná data pro obrábění jednotlivých materiálů.

Byla vybrána základní skupina označená písmenem P s modrou rozlišovací barvou.

2. Každá základní skupina je rozdělena na další podskupiny (třídy). Je vybrán materiál, který reprezentuje skupiny obrobitelnosti třídy 14B (ČSN 12040) a 9B (19436).

Materiál 14B je v katalogu označen jako třída 01.2, materiál 9B má označení 03.11. Pro negativní břitové destičky stejných vlastností je pro materiál 01.2 (14B) doporučená řezná rychlost 290 m/min a materiál 03.11 (9B) řezná rychlost 195 m/min.

3. Poměrem těchto dvou doporučených řezných rychlostí (290 m/min a 195 m/min) byl zjištěn rozdíl 32,8 % (př. 5). Tento rozdíl nám říká, že pokud by se počítala časová norma pro materiál 9B doporučenými řeznými rychlostmi společnosti SANDVIK, její čas bude o dané procento vyšší.

Př. 5

$$\frac{v_c 9B}{v_c 14B} = \frac{195}{290} \cdot 100 = 67,2 - 100 = 32,8\%$$

4. Dalším krokem je zjištění poměru řezných rychlostí u stejných materiálů, bude-li počítáno stávajícími koeficienty obrobitelnosti.

Pro materiál 14B je zjištěná řezná rychlost 136 m/min. U materiálu 9B spočteme řeznou rychlost 43,52 m/min (př. 6). Rozdíl činí 68% (př. 7).

Př. 6 $14B \cdot koef.9B = 136 \cdot 0,32 = 43,52 \text{ [m/min]}$

Př. 7 $\frac{43,52}{136} \cdot 100 = 32 - 100 = 68\%$

V tabulce č. 7a a 7b jsou následně uvedeny další rozdíly poměrů doporučených řezných rychlostí různých typů břitových destiček a porovnány se stávající diferencí.

Tabulka 7a, Poměr řezných rychlostí

typ břitové destičky	CT525	GC4025	GC4035	GC235	stávající řezné rychlosti [m/min]
doporučená řezná rychlost pro materiál 14B [m/min]	450	290	235	120	136
doporučená řezná rychlost pro materiál 12B [m/min]	395	275	205	115	85,7
poměrný rozdíl	12,2%	5,2%	12,8%	4,2%	37%

Tabulka 7b, Poměr řezných rychlostí

typ břitové destičky	CT525	GC4025	GC4035	GC235	stávající řezné rychlosti [m/min]
doporučená řezná rychlost pro materiál 14B [m/min]	450	290	235	120	136
doporučená řezná rychlost pro materiál 9B [m/min]	235	195	150	100	43,5
poměrný rozdíl	47,8%	32,8%	36%	16,7%	68%

Z tabulek je patrné, že rozdíl doporučených řezných rychlostí je nižší, než rozdíl řezných rychlostí počítaný stávajícími koeficienty. Nižší rozdíl je projevem modernizace řezných nástrojů. Jednoduchým poměrem se tedy ukázala neaktuálnost způsobu výpočtu řezné rychlosti, které jsou v současné době používány pro výpočet normy spotřeby času.

4.4 Stanovení nových koeficientů obrobiteľnosti

Cílem stanovení nových koeficientů obrobiteľnosti je snížení vzniklého rozdílu, naměřeného kontrolní metodikou. Z doporučených řezných rychlostí výrobce VBD je patrné, že můžeme u tvrdších materiálů použít mnohem vyšších řezných rychlostí, než se kterými je počítáno doposud.

Na základě těchto poznatků a výsledků kontrolní metodiky byly experimentálně stanoveny nové koeficienty obrobiteľnosti (tabulka č. 8).

Vyvolená řada, která je neblíže zjištěným odchylkám je R15.

Tabulka 8. Nové koeficienty obrobiteľnosti

skupina obrobiteľnosti	Koeficient Kv nový	Koeficient Kv stávající
15B	0,86	0,79
14B	1	1
13B	1,17	1,26
12B	1,38	1,59
11B	1,62	2,00
10B	1,9	2,50
9B	2,24	3,18
8B	2,63	4,00
7B	3,08	5,00

5 Porovnání koeficientů obrobitelnosti

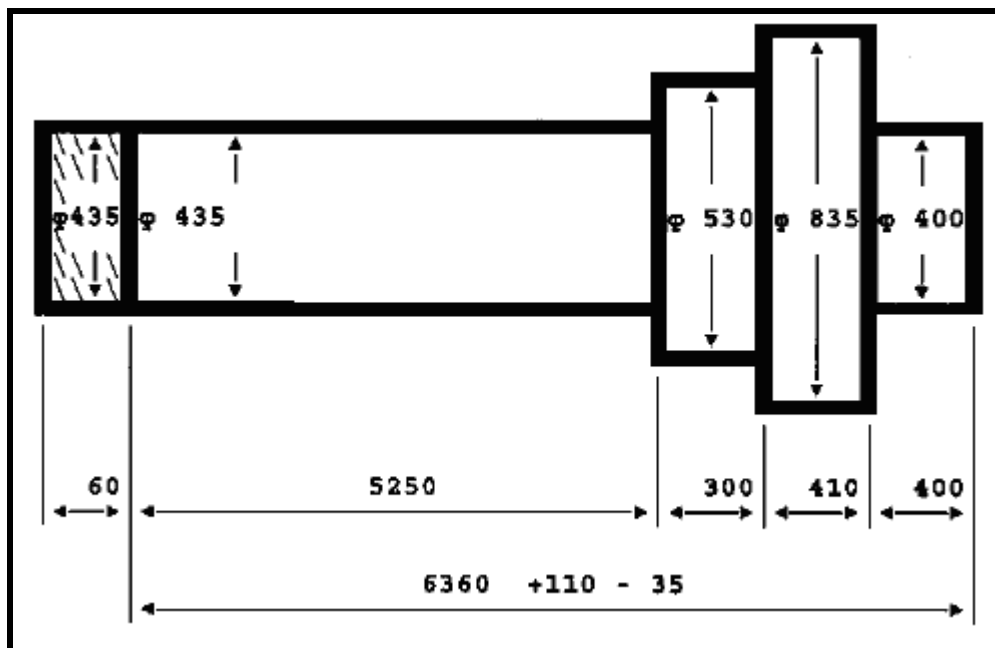
5.1 Vzorový výpočet časové normy

Pro vzorový výpočet časové normy byla zvolena jednoduchá součást (obr. 6), u které byla počítána časová norma pro hrubovací operaci. Výpočet byl proveden výpočetním softwarem VNORMS. Početní software VNORMS je původní normativ, zpracovaný do elektronické formy, usnadňující práci technickým pracovníkům v normování.

V následujícím technologickém postupu jsou operace voleny dle zvyklosti VHM. Opracování čelních ploch a zavrtání středících důlků je prováděno na horizontální vyvrtávačce. Ostatní plochy jsou opracovávány na soustruhu.

5.1.1 Postup opracování na soustruhu

1. Jakost opracovaného povrchu byla stanovena na Ra 12,5.
2. Velikost třísky 10mm/pl byla určena v závislosti na přídavku pro obrábění.
3. Pro opracování vnějších průměrů byla použita tříska hrubovací s kůrou, dále tříska hrubovací bez kůry, a následně finální tříska zajišťující zadanou jakost opracování.
4. V dalším kroku následuje opracování rádiusových přechodů mezi průměry a čelními plochami.
5. Nakonec byly opracovány čelní plochy na požadovanou délku a regulovány středící důlky.



Obr. 6. Kovárenský náčrt součásti

5.1.2 Postup výpočtu časové normy

1. Volba strojní skupiny.

Velikost a typ stroje, který svými parametry dovoluje obrábět součást o daných rozměrech je hrotový soustruh označený SUT 160 NR-8, řazený do strojní skupiny 14153/11

2. Určení obrobitelnosti materiálu.

Obrobitelnost materiálu je určena z chemického složení a tvrdosti materiálu (viz. kapitola 3). V tomto případě byla zvolena základní skupina 14B, které odpovídá koeficient obrobitelnosti s hodnotou 1.

3. Určení zbývajících hodnot.

Ostatní hodnoty uvedené v tabulce (obr. 7) jsou stanoveny následovně:

- platová třída – dle přesnosti součásti
- dávkový čas – dle zvolené strojní skupiny
- druh mzdy a mzdová stupnice – dle stanov VHM

Obr. 7. Zadání parametrů pro výpočet normy

4. Výpočet základního strojního času a času vedlejších.

V části VNORMS zadáním jednotlivých úkonů (soustružení vnějších průměrů, soustružení čel, hran, rádius atd.) je spočten základní strojní čas a také čas vedlejší.

Celkový čas pro opracování byl po přičtení dávkového času (65 min) (obr. 7) k celkovému času 1029,7 min (po zaokrouhlení 1030 min) (obr. 8 a obr. 9) spočten na konečných 1095 min (18,25 NH). Z toho bylo 276 min. vedlejšího času, 65 min. dávkového času a 754 min. hlavního času, který je ovlivňován koeficientem obrobitelnosti.

Výpočty VNORMS pro VHM_415

Obrob. Operace LINS Pracoviště PT Děł. Str. Text operace Koeficient: 1

14B 1340 11 14153/11 6 1 1 EXPERIMENTÁLNÍ VÝPOČET

Úkony	Použit	Četnost	HL.čas	Vedl.čas	Parametry	Hodnoty
Upínání	<input checked="" type="checkbox"/>	1		136.80	/Pracoviště	1
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	348.13	13.95	Váha obrobku [kg]	22000
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	24.08	8.91	N přivolání jeřábu	2
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	51.00	8.91	Do čel.up.des.bez pod.stř.od oka	0
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	24.46	8.91	Do čel.up.des.bez p.stř.dle rýs.	0
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	3.64	7.92	Do čel.up.des.s podpěrami od ok	0
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	16.03	8.46	Do čel.up.des.a hrotu str.od oka	0
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	21.61	8.46	Do čel.up.des.a hr.střed.dle rýs	0
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	23.92	10.37	Do čel.up.des.a lunety	2
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	39.16	11.14	Do čel.up.des.a podvačku	0
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	31.08	11.14	Do čel.up.des.lunety a hrotu	0
Soustružení lůžek	<input checked="" type="checkbox"/>	1	61.15	5.22	Do čel.up.des.a mezi hroty	1
Soustružení lůžek	<input checked="" type="checkbox"/>	1	56.88	5.22	Do čel.up.des.a mezi hr.a lunetu	0
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	2	17.72	15.84	Na up.desku bez střed,čoč.,4 up	0
Navrtávání důlků	<input checked="" type="checkbox"/>	1	34.80	14.76	Na up.desku Stř. dle rýs., 4 up	0

Úkon: Zrušit Zrušit vše Vložit 753.66 276.01 / 1 ks Výpočet Návrat bez uložení

Kopie dle VP Kopie dle výkresu Celkový čas: 1029.67 1029.67 Přep.čas: 1029.7 1029.7 Prohlížení PKP Konec

Obr. 8. Výpočet VNORMS

Úkony	Použit	Četnost	HL.čas	Vedl.čas
Upínání	<input checked="" type="checkbox"/>	1		136.80
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	348.13	13.95
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	24.08	8.91
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	51.00	8.91
Soustr.vnějš.prům.	<input checked="" type="checkbox"/>	1	24.46	8.91
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	3.64	7.92
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	16.03	8.46
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	1	21.61	8.46
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	23.92	10.37
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	39.16	11.14
Radiusy <=100 vněj	<input checked="" type="checkbox"/>	1	31.08	11.14
Soustružení lůžek	<input checked="" type="checkbox"/>	1	61.15	5.22
Soustružení lůžek	<input checked="" type="checkbox"/>	1	56.88	5.22
Soustr.vnějš.čela	<input checked="" type="checkbox"/>	2	17.72	15.84
Navrtávání důlků	<input checked="" type="checkbox"/>	1	34.80	14.76

Úkon: Zrušit Zrušit vše Vložit 753.66 276.01

Kopie dle VP Kopie dle výkresu Celkový čas: 1029.67 Přep.čas: 1029.7

Obr. 9. Výpočet VNORMS (detail)

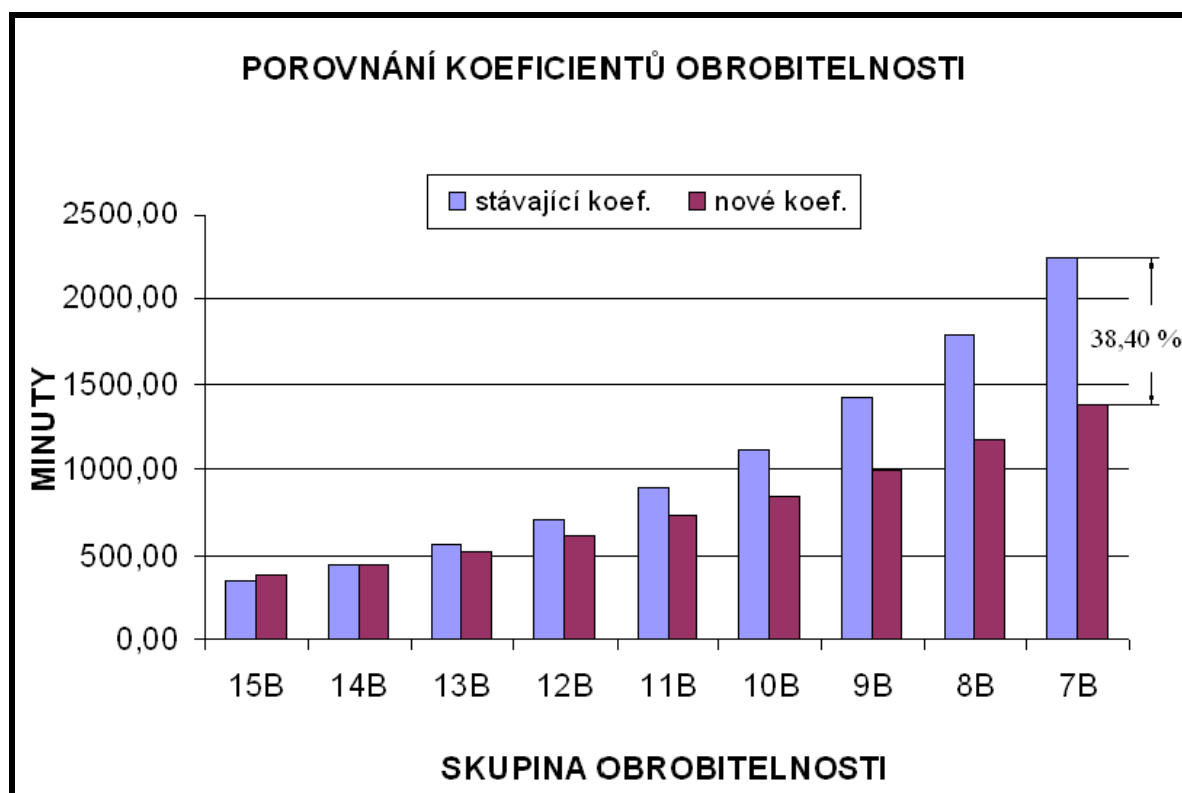
5.2 Obecné porovnání

Vzorovým výpočtem uvedeným v předchozí části byl přiblížen způsob výpočtu časové normy. Největší rozdíl NH od OH odhalený kontrolní metodikou se projevil v operacích **soustružení vnějších průměrů** (obr. 9). Hlavní čas (čas strojní) u těchto operací činí celkem 447,67 minut (obr. 9, hodnoty 1-4).

Nástroje používané ve výrobě při těchto operacích jsou povlakované VBD. Ostatní operace jsou obvykle díky velikostem a váze obrobku obráběny nástroji z rychlořezné oceli (RO), pájenými SK plátky nebo jinými nástroji. Projevy modernizace řezných nástrojů a tím možnosti zvýšení řezných parametrů nejsou tak významné. Hlavní čas vzorového výpočtu, který po zaokrouhlení vychází 754 minut, je stanoven pro výchozí skupinu obrobitelnosti 14B. Této skupině přísluší koeficient 1. Tímto výpočtem získáme normu pro výchozí skupinu, z které určíme normu pro materiály tvrdší i měkčí, tedy materiály jiných skupin obrobitelnosti. Jedná li se o materiál snáze obrobitelnější (např. 15B, 16B, 17B), vypočtený čas se zkrátí. U materiálu hůře obrobitelnějších platí opačná analogie. Součet hlavních časů u operací soustružení vnějších průměrů (obr. 9, hodnoty 1-4), je přepočten koeficientem obrobitelnosti K_v (tabulka č. 9). Tabulka č. 9 dále uvádí rozdíl v procentech mezi výpočtem normy podle stávajících a nových koeficientů. Tabulka je pro větší přehlednost převedena sloupcového grafu (graf č. 2).

Tabulka 9. Přepočet času koeficienty obrobitelnosti

Skupiny obrobitelnosti	Přepočet stávajícími koeficienty [min.]	Přepočet novými koeficienty [min.]	Rozdíl [%]
15B	355,56	385,28	-8,36
14B	448,00	448,00	0,00
13B	564,48	524,16	7,14
12B	711,11	618,24	13,06
11B	896,00	725,76	19,00
10B	1120,00	851,20	24,00
9B	1424,64	1003,52	29,56
8B	1792,00	1178,24	34,25
7B	2240,00	1379,84	38,40
Střední hodnota 14B – 9B [%]			18,5



Graf 2. Porovnání koeficientů obrobitelnosti

Z grafického znázornění je dobře patrný rozdíl mezi stávajícími a novými koeficienty. U materiálů s horší obrobitelností než má základní skupina 14B, se rozdíl mezi koeficienty zvětšuje.

Stření hodnota rozdílu stávající a nové vyvolené řady mezi skupinami 14B – 9B se rovná 18.5%.

Snížením času podélného soustružení o střední hodnotu rozdílu nové řady se u komplexní časové normy součásti projeví poklesem o 7,6% (tabulka č. 10). Podíl operací soustružení vnějších průměru je přibližně stejně velký u všech součástí vyráběných ve výrobě VHM

Tabulka 10. Výpočet rozdílu stávajících a nových koeficientů

	Hodnoty počítány stávajícími koef.	Hodnoty počítány novými koef.
Soustružení vnějších průměrů [min.]	447,67	364,4
Ostatní operace uvedené v obr. 10 [min.]	305,99	305,99
Hlavní čas [min.]	753,66	670,39
Komplexní časová norma [min.]	276 + 65	276 + 65
Součet [min.]	1094,66	1011,39
Rozdíl časů počítaný stávajícími koef. a novými koef. [%]	7,6	

5.3 Ekonomické porovnání

Při zjišťování ekonomických aspektů bylo vycházeno z hodinové sazby na konkrétní pracoviště (tabulka č. 11). Hodinová sazba na pracoviště 14153/11 byla 905 Kč. U skupiny 15B si můžeme všimnout záporné hodnoty, která je způsobena volbou vyšší vyvolené řady. Metodikou pro kontrolu vystavených norem byl zjištěn rozdíl především u vypočtených časů pro materiály skupin 13B a nižší. U skupiny 15B a skupin vyšších byly proto ponechány stávající koeficienty obrobiteľnosti. K nejčastěji obráběným materiálům patří skupiny 14B až 9B. Z toho důvodu není nutné se obávat výraznějších nepřesností v kontrolní metodice.

Tabulka 11. Srovnání nákladů

Skupiny obrobiteľnosti	Náklady na 1ks vypočteny stávajícími koeficienty [Kč]	Náklady na 1ks vypočteny novými koeficienty [Kč]	Rozdíl [Kč]	Rozdíl [%]
15B	14 169	14601	-432	-3,05
14B	16 516	16516	0	0,00
13B	19 473	18865	608	3,12
12B	23 196	21807	1 389	5,99
11B	27 889	25321	2 568	9,21
10B	33 576	29521	4 055	12,08
9B	41 309	34957	6 352	15,38
8B	50 635	41377	9 258	18,28
7B	62 008	49033	12 975	20,93

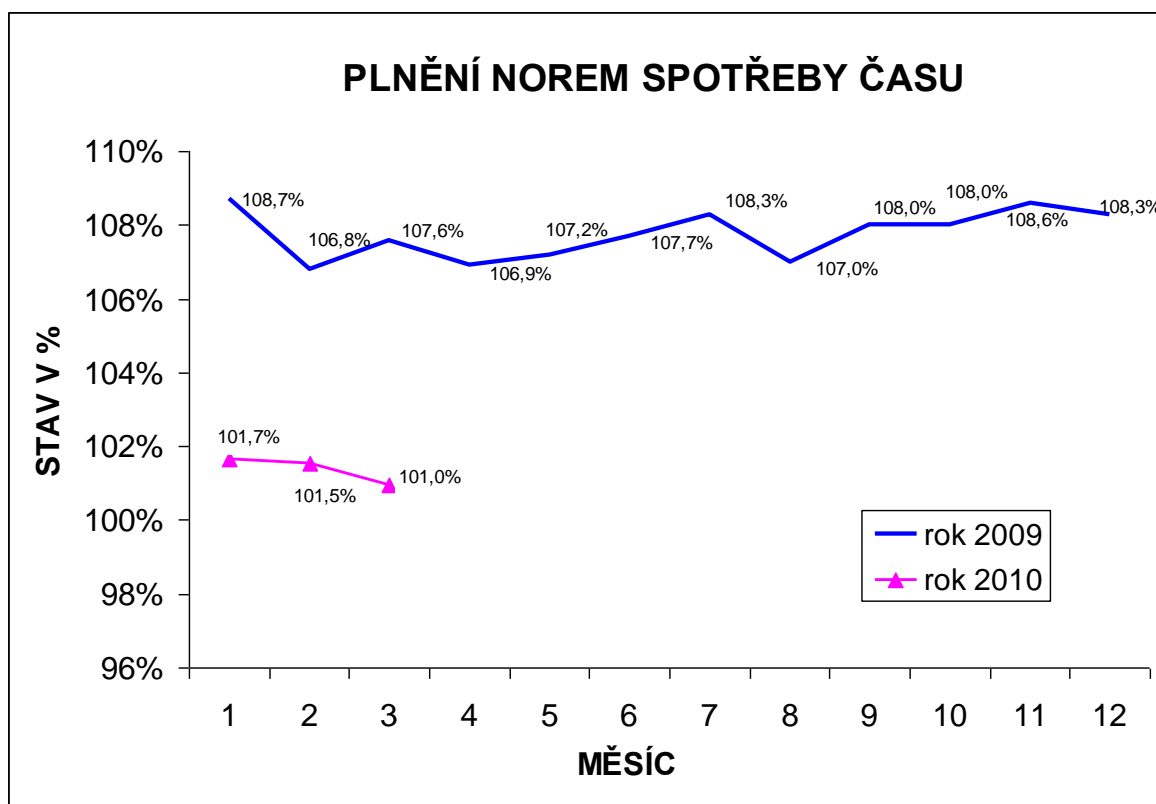
5.4 Zhodnocení ve výrobě

U stávajících koeficientů se normované časy ověřovaly přímo na pracovištích ve výrobě. Pro tvorbu nových koeficientů se vycházelo z poznatků pozorovaných metodikou pro kontrolu vystavených normohodin a z rozdílů doporučených řezných rychlostí výrobců břitových destiček. Na následujícím grafu č. 3 je znázorněna odchylka odpracovaných hodin od vystavených normohodin, zjištěna kontrolní metodikou.

Koeficienty byly experimentálně použity pro výpočet norem u vybraných strojních skupin, umožňujících upnutí středně velkých obrobků (cca 20t).

Modrá křivka zobrazuje, na kolik procent byly plněny vystavené normohodiny ve výrobě v roce 2009.

Fialová křivka zobrazuje, jak jsou normy plněny po zavedení nových koeficientů.



Graf 3. Plnění norem experimentálně testovaných strojních skupin

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo objektivizovat a zpřesnit teoretický výpočet časové normy u soustružení vnějších průměrů, a dále snížit současný výkyv mezi NH a OH. Studovány byly koeficienty obrobitelnosti, určené pro výpočet časové normy a jejich vztah k vývoji řezných nástrojů ve společnosti VHM. Vycházelo se z rozdílů mezi NH a OH, které byly sledovány metodikou pro kontrolu vystavených normohodin. Dále z odhadu možného výkonu povlakovaných břitových destiček na základě doporučených řezných rychlostí výrobců řezných nástrojů.

Práce seznamuje se základními pojmy jako je soustružení, řezné podmínky, obrobitelnost materiálu atd. Objasňuje určování skupin obrobitelnosti materiálu a stávající způsob, který se užívá k výpočtu řezné rychlosti, potřebné ke stanovení normy spotřeby výrobního času. Řeší problém výkyvů v plnění normy stanovením nových koeficientů. Na vzorové součásti přibližuje způsob výpočtu časové normy, porovnává stávající a nově navržené koeficienty obrobitelnosti. Graf 3 znázorňuje dosažené výsledky nových koeficientů na experimentálně testovaných strojních skupinách.

Výsledkem objektivizace koeficientu je zmenšení rozdílů mezi vystavenými NH a OH a zkrácení výrobních časů. Přínosem je tedy zpřesnění výpočtu normy spotřeby výrobního času a tím snížení nákladů na výrobu až o 8%. Následně také zpřesnění plánování výroby a zkrácení termínu dodávky. Zákazníkům je možné nabídnout díky zpřesněnému plánování práci levněji a za kratší čas.

V případě rozšíření obráběných materiálu nad skupiny 14B až 9B může opět dojít k rozdílům mezi NH a OH. Proto je nutné přesně specifikovat podmínky, za jakých se bude počítat s novými koeficienty.

Seznam literatury:

- [1] BRYCHTA, J., ČEP, R., SADÍLEK, M., PETŘKOVSKÁ, L., NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 251s.
ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění 1, 1. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 136s.
ISBN 80-7078-811-9
- [3] AB SANDVIK COROMANT. *Průručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Praha : Sandvik CZ, s. r. o., 1997. 811s. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [4] NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 106s.
ISBN 80-248-1223-1
- [5] JEDNOTNÉ NORMATIVY. *Obrobitelnost materiálu CNN 10-0-0/I*. Praha 1977
- [6] ČSN ISO 513 (220801): *Klasifikace a použití tvrdých rezných materiálů k obrábění kovů určeným ostřím – Označování skupin a podskupin použití*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 8s.
- [7] Katalog rezných nástrojů firma Sandvik CZ, s. r. o. *Soustružnické nástroje 2000*.

Poděkování

Děkuji Ing. Lubomíru Kořínkovi za odborné rady a informace k tématu mé bakalářské práce.

Děkuji také svému vedoucímu bakalářské práce prof. Dr. Ing. Josefu Brychtovi za odborné vedení, poskytování rad a materiálových podkladů k práci.